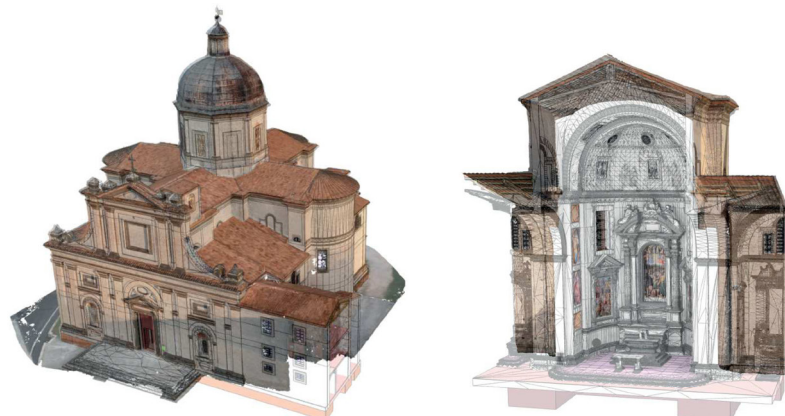
H-BIM semantico come strumento di documentazione inclusiva e accesso al Nuovo Catalogo Digitale dei Beni Culturali: il caso studio di Santa Maria delle Vergini a Macerata

Marco Medici
Federico Ferrari
Andrea Sterpin

Abstract

Il paper si pone l'obiettivo di investigare alcune delle nuove frontiere offerte dalla crescita multidisciplinare delle tecnologie e dei linguaggi digitali applicati all'architettura e ai beni culturali. Nello specifico, si indagherà come il campo della catalogazione e fruizione digitale caratterizzato dal web semantico, costituito da ontologie, LOD (Link Open Data), dizionari normalizzati aperti e metadata, possa collegarsi e fondersi con l'ambito edilizio-architettonico in un concreto raggiungimento dell'Heritage Building Information (H-BIM) già in grado di sintetizzare dati da rilievo geometrico e qualitativo in processi di modellazione, archiviazione e scambio di un ampio numero di informazioni utili alla conoscenza e conservazione del patrimonio costruito. A dimostrazione di tale possibilità di integrazione metodologica e tecnologica, sarà descritto il caso studio della Chiesa di Santa Maria delle Vergini a Macerata.

Parole chiave
H-BIM, Semantic Web, Catalogo Digitale, documentazione, rappresentazione

Topics
Archiviare / visualizzare / comprendere / classificare / accedere / condividere

Santa Maria delle Vergini, Macerata: visualizzazione 3D del modello H-BIM con sovrapposizione del modello mesh texturizzato da piattaforma INCEPTION. Sulla sinistra l'intera chiesa, il dettaglio degli interni della Cappella dei Bifolchi sulla destra. (Elaborazioni degli autori).

doi.org/10.3280/oa-832-c165

Introduzione e ambito di indagine

Il punto d'incontro tra i mondi del rilievo e della rappresentazione dell'Architettura e della documentazione dei Beni Culturali è spesso individuato nella possibilità di arricchire le geometrie tridimensionali rilevate e modellate attraverso la definizione di una semantica (parametri-metadati) relazionata alle informazioni (valori-dati) presenti in cataloghi digitali, creando di fatto un modello 3D per architetture storiche con funzione di database multidisciplinare [Bianchini et al. 2016]. Se dal punto di vista metodologico si è a lungo ipotizzata tale soluzione, dal punto di vista tecnico i risultati troppo spesso hanno fatto affidamento a *workflow* chiusi, limitati o non ripetibili [Empler et al. 2021]. Con la presente trattazione si vuole portare, a reale dimostrazione di tale possibilità di integrazione metodologica e tecnologica, il caso studio della Chiesa di Santa Maria delle Vergini a Macerata per la quale, nell'ambito di un accordo quadro tra il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Ferrara e l'Istituto Centrale del Catalogo e della Documentazione, si è proceduto a mettere in atto un workflow composto da procedure Scan2BIM, modellazione geometrica e arricchimento mediante l'estrazione automatica di dati dal Nuovo Catalogo Digitale dei Beni Culturali [1], il tutto reso possibile grazie ad una nuova applicazione del core tecnologico sviluppato nel progetto H2020 INCEPTION (g.a.: 665220) [2].

Inquadramento metodologico

La complessità del processo di documentazione digitale e le innumerevoli possibilità offerte dalle odierne integrazioni tecnologiche [Di Giulio et al. 2017] necessitano di una chiara e precisa definizione metodologica, in un progetto transdisciplinare che nasce dal contatto tra il l'ambito dell'edilizia-architettura e quello dei beni culturali [Maietti et al. 2020]. La dimensione di incontro e controllo dell'interoperabilità deve quindi permettere la creazione di linguaggio comune, superando i limiti intrinsechi dell'utilizzo di soluzioni software disciplinari [Ausonio et al. 2018]. La grande quantità di dati da elaborare [Bonsma et al. 2018] inoltre richiede un preciso approccio computazionale in grado di operare una riflessione qualitativa e quantitativa sull'efficacia e sulla potenziale serializzazione del workflow applicativo [Colucci et al. 2021]. Per tale motivo e a titolo esplicativo si elencano a seguire le fasi del processo adottato.

Acquisizione e pre-processamento dati:
- geometrico-materici tramite rilievo metrico-morfologico e qualitativo condotto con tecnologie laser e fotogrammetriche SfM Structure-from-Motion;
- informativo-documentale tramite estrapolazione delle informazioni digitali dalle schede web degli oggetti di interesse.

Elaborazione del modello digitale mediante:
- modellazione delle geometrie 3D-BIM anche con l'impiego di tecniche free-form;
- arricchimento informativo di tali geometrie con informazioni di classificazione derivate da cataloghi digitali o archivi web mediante un approccio semantico-parametrico.

Condivisione web mediante utilizzo della piattaforma web RESTful INCEPTION per:
- caricare e fruire modelli H-BIM arricchiti dal punto di vista documentale e informativo con classificazioni mutuate da cataloghi condivisi;
- sfruttare ogni singola componente del modello H-BIM nella rete dei Linked Open Data e operare automaticamente query e inferenze verso altre fonti di dato come il Nuovo Catalogo Digitale dei Beni Culturali.

Il caso studio

Il caso studio sul quale è stato applicato il *workflow* definito nel precedente paragrafo è la chiesa di Santa Maria delle Vergini, a Macerata, maestoso edificio a croce greca, sormontata da una cupola ottagonale eretta su un tamburo, sostenuto da quattro imponenti pilastri a

base quadrangolare; i bracci della croce greca si concludono in absidi semicircolari, ognuna con due cappelle a "scarsella" voltate a crociera [Canullo 2016]. La facciata, sviluppata su due registri orizzontali, non corrisponde allo spazio interno, perché completata successivamente (fig. 01). L'interno della chiesa presenta 11 cappelle decorate tra la fine del Cinquecento e la fine del Settecento.

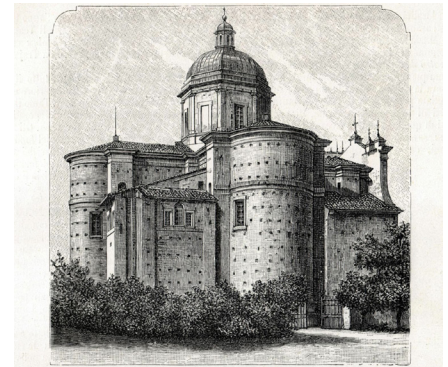
Fig. 01. Foto aerea della chiesa di Santa Maria delle Vergini a Macerata prima dei danni del sisma 2016 (sulla sinistra - fonte: Parrocchia Santa Maria delle Vergini - santamariadellevergini.org) e rappresentazione storica del retro della stessa in una stampa del 1898 (sulla destra - fonte: Strafforello Gustavo, La patria, geografia dell'Italia, III. Provincie di Ancona, Ascoli Piceno, Macerata, Pesaro e Urbino. Unione Tipografico-Editrice, Torino, 1898).

Un primo impianto della chiesa in uso alla Compagnia delle Vergini risale al 1355, anno nel quale è attestata l'esistenza di una cappella dedicata a *Santa Maria de virginibus*. Nel 1510, l'edificio, che risultava fatiscente, fu concesso in uso agli agostiniani della vicina chiesa di Santa Maria della Fonte che, nel 1547, decisero di demolirlo per poterne sfruttare il materiale in altre costruzioni. Una serie di miracoli avvenuti intorno all'affresco raffigurante la Madonna della Misericordia (fig. 02) però convinse i frati agostiniani a non procedere con lo smantellamento della cappellina, ma anzi di costruire un grandioso santuario per sostituire la cappellina e conservare l'affresco. Il progetto del nuovo impianto, che ancora oggi osserviamo, si deve a Galasso Alghisi da Carpi, architetto lungamente operoso alle dipendenze della famiglia Pio, convocato nella Marche nel 1550 come responsabile per cinque anni del cantiere della basilica della Santa Casa di Loreto. La consacrazione del nuovo edificio ebbe luogo nel 1577. Sono notevoli le pitture e gli affreschi datati alla fine del XVI secolo, tra cui spicca un'*Adorazione dei Magi* datata 1587 e firmata Tintoretto, proveniente dalla bottega veneziana di Jacopo Robusti. Il 31 marzo 1605, l'affresco della Madonna delle Vergini viene tagliato dal muro e trasportato nella grande cappella, dove si trova ora, e viene demolita la vecchia chiesa. Da allora sono diversi gli interventi che hanno interessato l'edificio, come il rivestimento della cupola e della lanterna con lastre di piombo o la costruzione dell'organo, ma tutti di natura minore.

Fig. 02. Affresco raffigurante la Madonna della Misericordia. Immagine di dettaglio sulla sinistra e inserito nella sua attuale collocazione sulla destra (fonte: Parrocchia Santa Maria delle Vergini - santamariadellevergini.org).

La chiesa ha inoltre subito l'azione di vari eventi sismici: tra i più recenti ed importanti ricordiamo quelli del 1997 e del 2016, con particolari lesioni al tamburo a sostegno della cupola, ancora oggi in fase di restauro.

Acquisizione e pre-processamento dati

Per il rilievo [3] della chiesa, l'acquisizione 3D è stata sviluppata integrando differenti tecnologie di rilievo: laser scanner terrestre (Faro x330HDR), fotogrammetria terrestre e aerea (Dji Mavic Pro + Agisoft Metashape) e rilievo topografico mediante stazione totale (Leica TCR1202 + R100). Le tecnologie laser sono state impiegate negli interni e in parte degli esterni, questi ultimi coperti invece interamente con fotogrammetria. Il rilievo topografico è servito per appoggio e correzione. Una volta acquisito il dato sul campo ed eseguiti gli algoritmi di SfM (Structure-from-Motion), la registrazione complessiva del modello a nuvola di punti è stata effettuata attraverso il software Autodesk Recap (fig. 03). Ai fini di archiviazione e conservazione del dato digitale rilevato, la nuvola creata è stata inoltre esportata nel formato aperto di interscambio e57. Dal punto di vista informativo, invece, si è proceduto a navigare il Nuovo Catalogo dei Beni Culturali dove è possibile effettuare ricerche per elementi, autori, luoghi di cultura, settori, località, eventualmente filtrando la ricerca per parametri specifici [Carriero et al. 2019]. Analizzando ad esempio la pagina/scheda web di uno degli elementi del caso studio, un altare, troviamo all'indirizzo https://catalogo.beniculturali.it/detail/HistoricOrArtisticProperty/1100146111A-1 l'elemen-

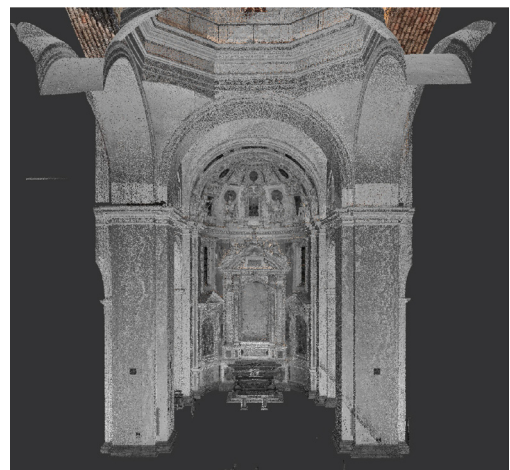
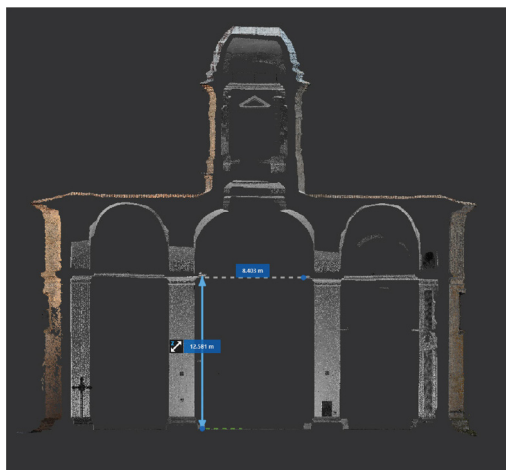
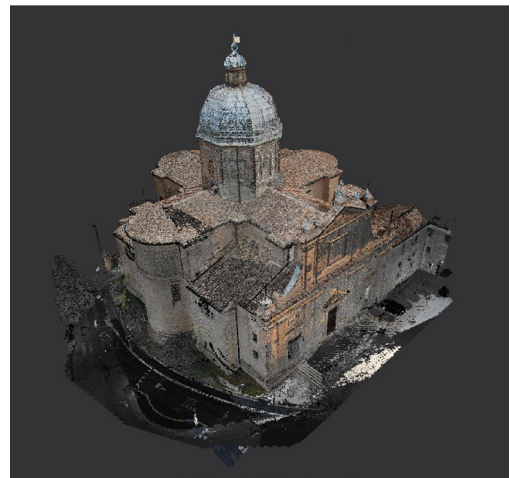
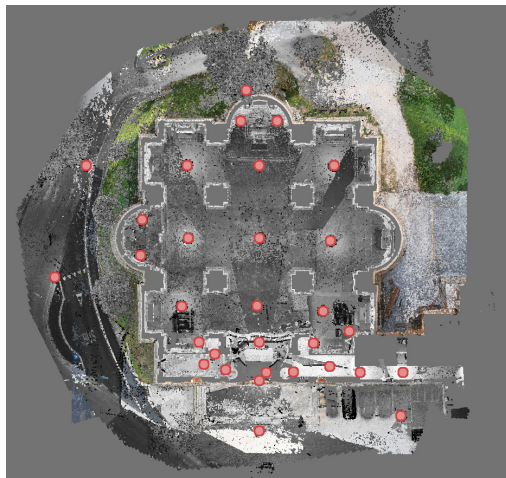



Fig. 03. Modello complessivo a nuvola di punti con esterno acquisito mediante fotogrammetria da drone (in alto destra) e indicazione planimetrica del posizionamento dei punti di scansione laser interni ed esterni sull'estrapolazione di una sezione orizzontale (in alto sinistra). Sezione verticale con annotazione dimensionale e dettaglio di un altare interno corrispondente a quello descritto nella figura successiva dal Catalogo Generale dei Beni Culturali. (Elaborazioni degli autori).

to descritto come: “altare, elemento d’insieme- bottega marchigiana (sec. XVI)” (fig. 04). Pur essendo la sua descrizione univoca e la collocazione all’interno della chiesa chiara dal punto di vista dei principi della catalogazione, dal punto di vista geometrico-spaziale non è semplice ricostruirne la collocazione reale all’interno della Chiesa di Santa Maria delle Vergini. In questa fase si decide quindi di estrapolare tutti i dati della scheda RDF (*Resource Description Framework*) (https://dati.beniculturali.it/lodview-arco/resource/HistoricOrArtisticProperty/1100146111A-1.html) che sarà successivamente interrogabile tramite SPARQL endpoint, inserendo l’URI di riferimento dell’elemento. In questo caso l’URI dell’elemento “altare, elemento d’insieme - bottega marchigiana (sec. XVI)”, che verrà poi utilizzato per l’arricchimento informativo del modello BIM è https://w3id.org/arco/resource/HistoricOrArtisticProperty/1100146111A-1, dove il codice 1100146111A-1 rappresenta l’identificazione univoca secondo la standardizzazione del catalogo.

Catalogo generale
dei Beni Culturali

Altare sormontato da un dipinto inquadrato da due strette lesene affiancate da colonne in gesso decorate da motivi vegetali, un disegno a torciglione e capitelli compositi con foglie d'acanto e volute; il tutto è sormontato da un timpano spezzato che inquadra un'iscrizione. Sui lati spioventi sono due sculture muliebri

OGGETTO	altare
MATERIA E TECNICA	Marmo gesso/ pittura Stucco
AMBITO CULTURALE	Bottega Marchigiana ⟶
LOCALIZZAZIONE	Macerata (MC)
NOTIZIE STORICO CRITICHE	La cappella fu ottenuta nel 1567 dalla Confraternita dei Vergini e dai Religiosi Carmelitani; nel 1575 fu terminato l'altare, senza gli ornamenti, fatto costruire dalla Congregazione dei Bifolchi Maceratesi. L'altare, che originariamente era attaccato al muro, fu staccato nel 1741; gli ornamenti furono terminati nel 1595
TIPOLOGIA SCHEDA	Opere/oggetti d'arte
CONDIZIONE GIURIDICA	proprietà Ente religioso cattolico
CODICE DI CATALOGO NAZIONALE	1100146111A-1
ENTE COMPETENTE PER LA TUTELA	Soprintendenza Archeologia, belle arti e paesaggio delle Marche ⟶
ENTE SCHEDATORE	Soprintendenza per i Beni Storici Artistici ed Etnoantropologici delle Marche ⟶
DATA DI COMPILAZIONE	1981
DATA DI AGGIORNAMENTO	2006

CONDIVIDI

DALLA RETE

COLLEGA LA SCHEDA ALLA LOD CLOUD

Fig. 04. Immagine tratta dalla pagina web del Catalogo Generale dei Beni Culturali dedicata ad uno degli altari della Chiesa di Santa Maria delle Vergini.

Elaborazione modello digitale

In ambito di modellazione digitale informativa [Colucci et al. 2021], si è optato per la creazione di modello Autodesk Revit che potesse operare come riferimento principale e federatore delle informazioni sul bene architettonico. Essendo lo scopo della modellazione differente dalle logiche di intervento sugli edifici e pertanto difficilmente riconducibile ai LOD (Livelli di Sviluppo del Modello) previsti dalla normativa UNI 1137:2017 (o da analoghe normative internazionali), si è deciso operare una modellazione che dal punto di vista geometrico (LOG – Livello di dettaglio geometrico) permettesse l’estrapolazione di elaborati plano-altimetrici alla scala di rappresentazione 1:50 e, dal punto di vista informativo (LOI – Livello di Informazioni), fosse adeguata ad ospitare le informazioni di natura materica e di stato conservativo, così come dei dati storico-documentali provenienti dal Catalogo dell’ICCD. In seguito all’importazione della nuvola in Revit, si è quindi proceduto alla definizione dei livelli altimetrici di riferimento, particolarmente utili per una modellazioneparametrica, così come di una griglia di allineamento planimetrica. Per quanto possibile, si è quindi proceduto alla modellazione mediante famiglie di sistema o locali all’interno di Revit, considerando però la possibilità di ricorrere anche a elementi di modellazione free-form con strumenti esterni quando necessario.

Si è ad esempio ricorso a tale soluzione, mediante McNeel Rhinocers, per le quattro volte a crociera a monta rialzata in corrispondenza delle cappelle e quelle tra gli archi absidali e gli archi sottocupola, al fine di poter ricreare il procedimento di costruzione geometrica sui reali profili planimetrici e valutarne lo scostamento medio rispetto all'elemento rilevato a nuvola di punti (fig. 05).

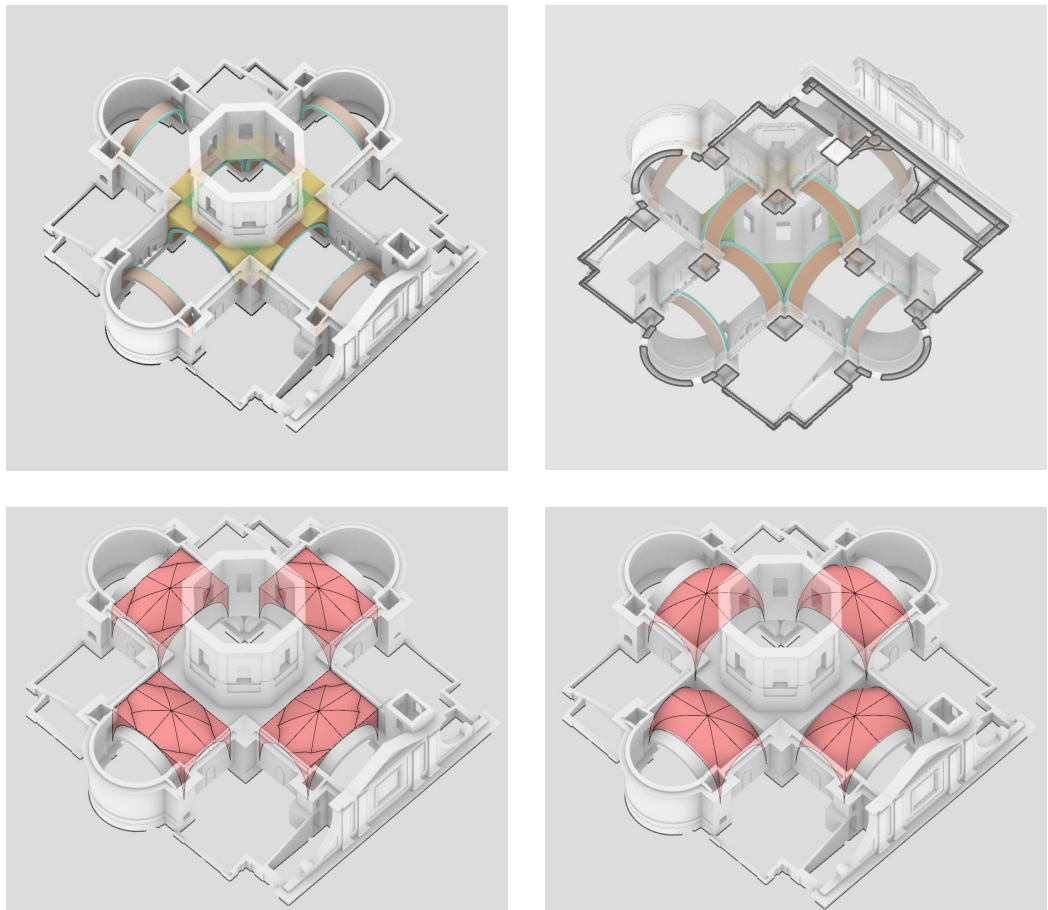



Fig. 05. Analisi e modellazione dei sistemi di archi (sopra) e volte (sotto) di Santa Maria delle Vergini. Per parte della modellazione si è fatto ricorso a sistemi di modellazione *free-form*. (Elaborazioni degli autori).

Sono inoltre stati modellati separatamente, e integrati nel modello BIM architettonico come elemento federatore, gli elementi d'arte di altari e quadri (fig. 06), oggetti di specifico interesse per l'ambito dei beni culturali, essendo alcune di queste opere studiate e descritte nel Catalogo Digitale. A completamento di questi, avendo a disposizione le fotografie frontali ad alta risoluzione delle cappelle e alcune immagini relative ai quadri, si è applicato il procedimento di proiezione immagini per l'ottenimento di texture.
Attraverso la definizione di punti target, tali immagini sono state proiettate sui modelli per una descrizione più fedele del bene.Seguendo poi i risultati dell'estrazione dati dal Catalogo Digitale, come descritto nel paragrafo precedente, dal punto di vista informativo ci si è limitati ad includere per ogni elemento collegabile a una risorsa online descrittiva, il codice identificativo come da codifica ICCD. Sarà infatti lasciato alla piattaforma il compito di recuperare tale dato per effettuare una SPARQL query e operare un esplicito arricchimento informativo. Tale procedura rende il processo di arricchimento tanto snello quanto efficace. Il modello così realizzato è stato poi esportato in formato aperto IFC, versione 2x3, al fine di essere caricato sulla piattaforma INCEPTION. In funzione del caricamento come risorsa online si è inoltre proceduto ad operare decimazioni geometriche preliminari all'esportazione IFC, così come ottimizzazioni e compressioni del file standard per renderlo il più leggero possibile.

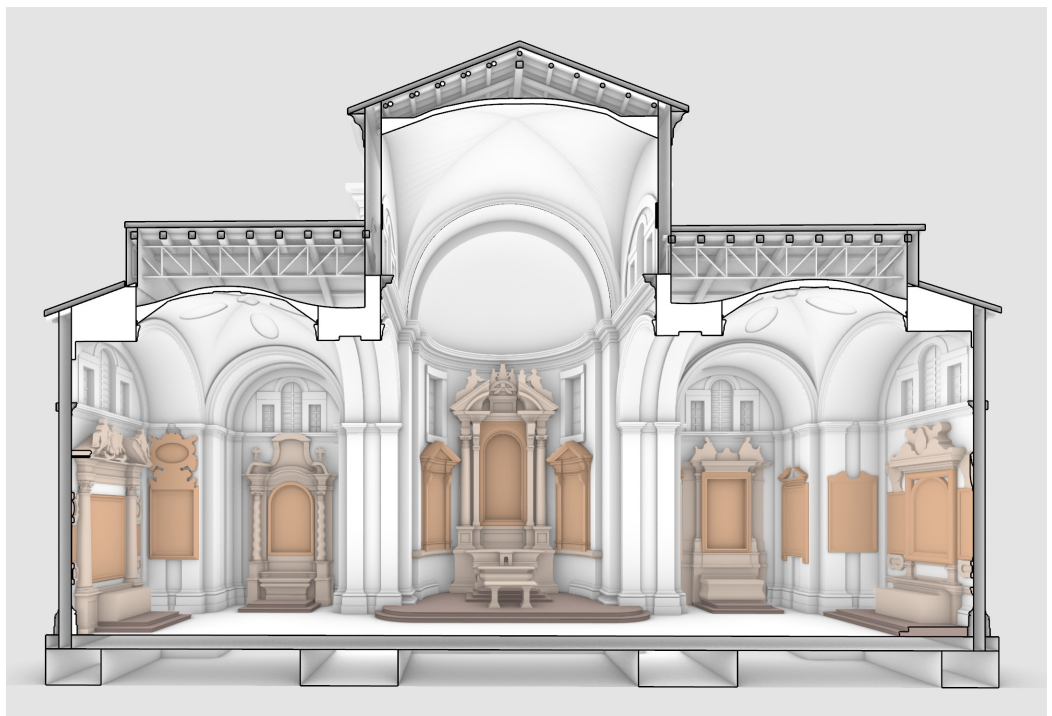
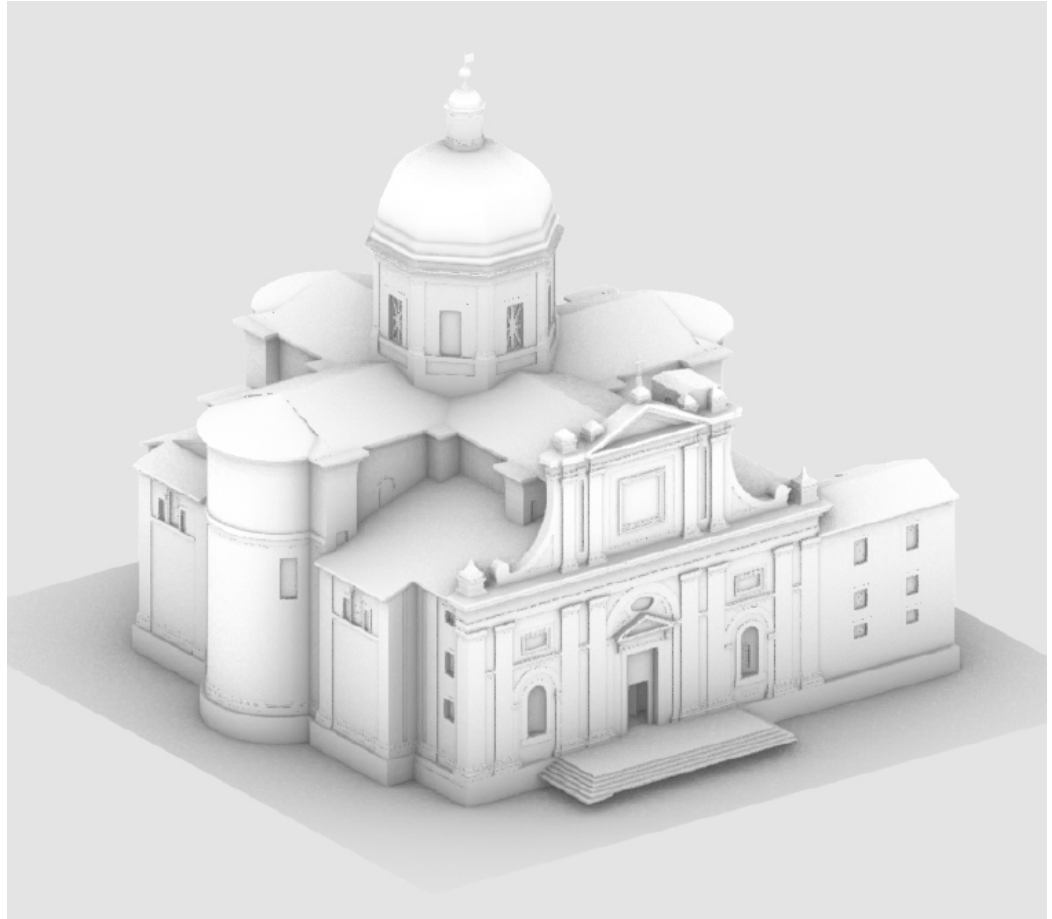



Fig. 06. Visualizzazione 3D del modello BIM complessivo della Chiesa (sulla sinistra) con estrapolazione di sezione prospettica per evidenziare l'inserimento dei singoli altari interni (sulla destra). (Elaborazioni degli autori).

Condivisione e fruizione via web

I dati così elaborati sono stati caricati sulla piattaforma INCEPTION: qui è stato possibile visualizzare e aggregare fonti eterogenee di dati, facendo sintesi del processo documentale. Sulla piattaforma è infatti possibile navigare il modello in tridimensionale e visualizzarlo in tre modalità: IFC, texture e ibrida. La modalità IFC permette di selezionare gli elementi geometrici, filtrarli per livelli o classificazioni e interrogarne i metadati, mentre la modalità texture non presenta elementi selezionabili ma offre una visualizzazione capace di offrire una comprensione materica intuitiva. La modalità ibrida, poi, sovrappone le precedenti mediante un *layer* di trasparenza modificabile e permette di selezionare gli elementi geometrici IFC arricchiti questa volta anche dal loro reale aspetto. Resta inoltre possibile, per ogni elemento, accedere ai suoi metadati: è possibile leggere l'identificativo univoco Global-ID, il nome, l'IFCType, note e commenti. Attraverso uno schema a grafi è inoltre possibile navigare tra categorie, parametri e valori attribuiti in fase di modellazione. I valori, che possono contenere link a riferimenti interni (altri modelli in piattaforma) o esterni (nel web), vengono ulteriormente estesi in piattaforma sfruttando il codice identificativo del Catalogo Digitale (fig. 08). Sulla base infatti del codice identificativo precedentemente identificato e annotato sull'elemento in fase di modellazione, è stata sviluppata una funzione della piattaforma INCEPTION che opera automaticamente una interrogazione dei dati RDF disponibili online tramite una SPRQL Query sull'EndPoint Virtuoso collocato all'indirizzo http://dati.beniculturali.it/sparql. I dati recuperati da un endpoint SPARQL sono conformi all'approccio *Linked Data* per la pubblicazione di dati nel contesto del *Semantic Web*. I dati formattati in RDF sono normalmente rappresentati come una lista di triple semantiche ma, tramite una funziona appositamente sviluppata, queste triple vengono visualizzate nel grafo, così come se fossero dati direttamente inseriti in fase di modellazione. Tale approccio permette all'utilizzatore finale di leggerli senza soluzione di continuità e, allo stesso modo, di leggere dati sempre aggiornati e allineati con il catalogo. Tale approccio, oltre ad essere stato sviluppato per l'intero modello H-BIM federato, è stato anche esteso ai modelli di dettaglio, realizzando un vero e proprio modello multiscalare. Per alcune delle 11 cappelle sono stati infatti caricati anche gli allegati 3D riferiti ai beni culturali minori (quadri, decorazioni e sculture) creando un percorso di navigazione completo e in grado di dare una collocazione spaziale alle schede del Catalogo Digitale (fig. 07).

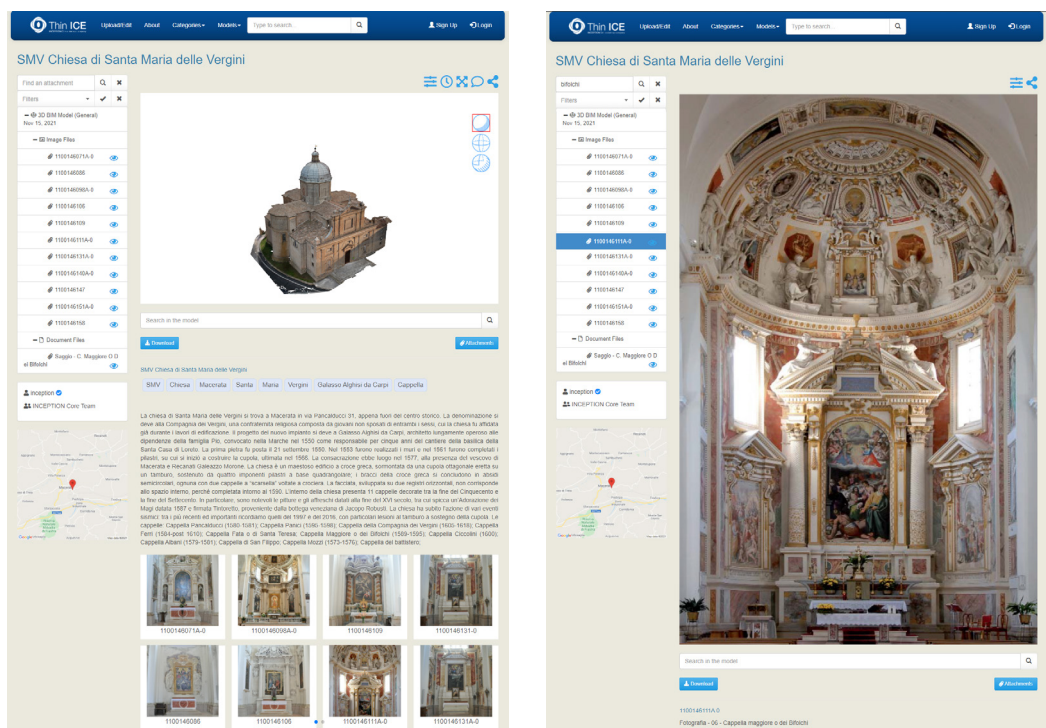



Fig. 07. Visualizzazione 3D texturizzata del modello H-BIM complessivo caricato sulla piattaforma INCEPTION (a sinistra) e visualizzazione della foto ad alta risoluzione di una delle cappelle (a destra) inserita in piattaforma come elemento allegato e collegato all'oggetto specifico del modello BIM.

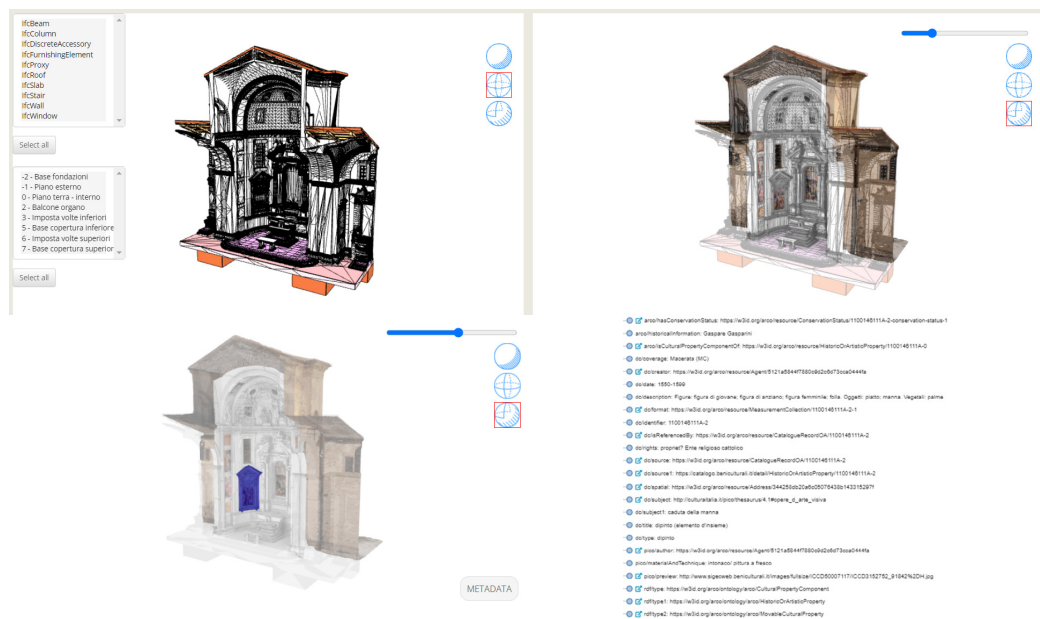



Fig. 08. Visualizzazione 3D del modello H-BIM caricato sulla piattaforma INCEPTION nelle modalità di visualizzazione IFC (in alto a sinistra) e ibrida (in alto a destra). Mediante la selezione per elementi è inoltre possibile accedere alle informazioni di dettaglio di ogni oggetto, automaticamente arricchito con i dati proveniente dal Catalogo Generale dei Beni Culturali.

Conclusione

Molto spesso associamo il concetto di conservazione digitale alla sola operazione di acquisizione dati o quella di fruizione alla sola presenza sul web. Ma ci dimentichiamo che problemi come l'obsolescenza di siti web e delle tecnologie digitali oppure l'esponenziale crescita dei contenuti e della conseguente difficoltà di rintracciamento di una determinata risorsa mettono in luce l'importanza dell'archivio sistemico e protocollato delle informazioni presenti in rete. Per queste ragioni assumono particolare importanza i database informatici, capaci di archiviare e salvaguardare i cosiddetti *"big data"*. In questo paper è stato approfondito il sistema del Nuovo Catalogo Digitale dei Beni Culturali tuttavia, nel campo dell'architettura, date le sue implicazioni multidisciplinari, potrebbero essere presenti altre fonti d'archivio, come Fondi o Enti di varia natura [Lopez et al. 2018]. In base a questa considerazioni, il modello H-BIM condiviso su una piattaforma web come risorsa accessibile secondo gli standard del Semantic Web assume un valore ancora maggiore. All'atto pratico, il gemello digitale, già largamente teorizzato [Lo Turco et al. 2016; Jouan, Hallot 2019], sembra avvicinarsi sempre più a un contenitore di dati e metadati provenienti da differenti cataloghi e archivi web ma riferiti allo stesso bene architettonico trasformando la tradizionale navigazione web in una esperienza tridimensionale. Ulteriori ricerche e il diffondersi di casi studio come quello qui presentato potranno, nel breve-medio periodo, contribuire allo sviluppo di un protocollo condiviso per il rilievo, la modellazione e la condivisione del patrimonio esistente.

Note

[1] https://catalogo.beniculturali.it - (consultato il 28 febbraio 2022).

[2] https://www.inception-project.eu/en - (consultato il 28 febbraio 2022).

[3] Le operazioni di rilievo sul campo sono state svolte dallo studio tecnico MT di Massaccesi Luca.

Riferimenti bibliografici

Ausonio, E., et al. (2018). Potenzialità dei software Free e/o Open Source per la modellazione, gestione e fruizione di entità 3D. In *Geomatics Workbooks* n 14 – FOSS4G-it 2018 Roma.
<https://www.researchgate.net/publication/333312009_Potenzialita_dei_software_Free_eo_Open_Source_per_la_modellazione_gestione_e_fruizione_di_entita_3D > (consultato il 4 marzo 2022).

Bianchini, C., Inglese, C., Ippolito, A. (2016). The role of BIM (Building Information Modeling) for representation and managing of built and historic artifacts. *Disegnarecon*, 9(16), 10–11.

Bonsma, P., et al. (2018). Handling huge and complex 3D geometries with Semantic Web technology. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* Vol. 364, No. 1, p. 012041.

Canullo, G. (2016). I Bifolchi e l'eucarestia. La cappella maggiore della chiesa di Santa Maria delle Vergini a Macerata. In *Journal of the section of cultural heritage*. Department of education, cultural heritage, and tourism. University of Macerata.

Carriero, V. A., et al. (2019). ArCo: The Italian cultural heritage knowledge graph. In *International Semantic Web Conference,* pp. 36-52. Springer:Cham.

Colucci, E., et al. (2021). Ontology-Based Semantic Conceptualisation of Historical Built Heritage to Generate Parametric Structured Models from Point Clouds. In *AppliedSciences,* 11(6), 2813. < https://www.mdpi.com/2076-3417/11/6/2813 > (consultato il 3 marzo 2022).

Di Giulio, R., et al. (2017). Integrated data capturing requirements for 3D semantic modelling of Cultural Heritage: the INCEPTION protocol. In I*nt. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.,* XLII-2/W3, 251–257.

Empler, T., Caldarone, A., Rossi, M.L. (2021). BIM Survey. Critical Reflections on the Built Heritage's Survey. In *From Building Information Modelling to Mixed Reality,* edited by Cecilia Bolognesi, Daniele Villa, 109-122. Cham: Springer.

Jouan, P.A., Hallot, P. (2019). Digital twin: a HBIM-based methodology to support preventive conservation of historic assets through heritage significance awareness. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* 42(2019), 609-615.

López, F.J., et al. (2018) Linking HBIM graphical and semantic information through the Getty AAT: Practical application to the Castle of Torrelobatón. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering;* Bristol:IOP Publishing.

Lo Turco, M., et al. (2016). BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale. BIM and architectural heritage: towards an operational methodology for the knowledge and the management of Cultural Heritage. In *DISEGNARECON* 9, 161-169

Maietti, F., et al. (2020). *Documentation, Processing, and Representation of Architectural Heritage Through 3D Semantic Modelling: The INCEPTION Project*. In Bolognesi, C., Santagati, C. (a cura di), *Impact of Industry 4.0 on Architecture and Cultural Heritage,* pp. 202-238. Hershey, PA: IGI Global.

Autori
Marco Medici, Università degli Studi di Ferrara, marco.medici@unife.it
Federico Ferrari, Università degli Studi di Ferrara, federico.ferrari@unifi.it
Andrea Sterpin, Università degli Studi di Ferrara, andrea.sterpin@unife.it

Per citare questo capitolo: Medici Marco, Ferrari Federico, Sterpin Andrea (2022). H-BIM semantico come strumento di documentazione inclusiva e accesso al Nuovo Catalogo Digitale dei Beni Culturali: il caso studio di Santa Maria delle Vergini a Macerata/Semantic H-BIM as a tool for inclusive documentation and access to the New Digital Catalogue of Cultural Heritage: the case study of Santa Maria delle Vergini in Macerata. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2661-2679.

 Isbn 9788835141938

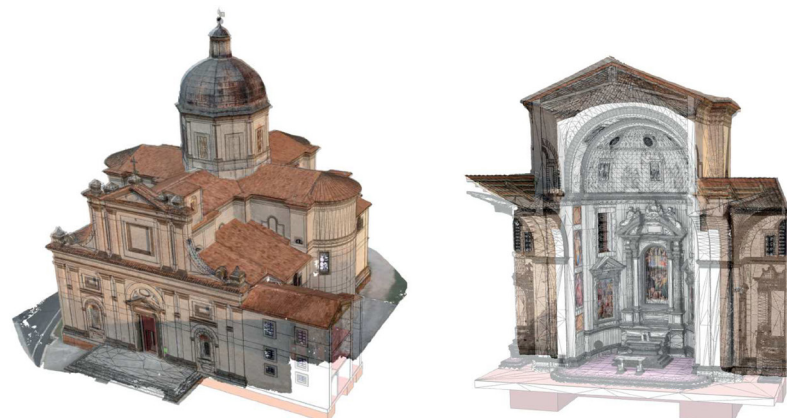
Semantic H-BIM as a tool for inclusive documentation and access to the New Digital Catalogue of Cultural Heritage: the case study of Santa Maria delle Vergini in Macerata

Marco Medici
Federico Ferrari
Andrea Sterpin

Abstract

The paper aims to investigate some of the new frontiers offered by the growth of multidisciplinary technologies and digital languages applied to architecture and cultural heritage. Specifically, we will investigate how the field of cataloging and digital use characterized by the semantic web, consisting of ontologies, LOD (Link Open Data), open standardized dictionaries and metadata, can connect and merge with the building-architectural field in the concrete achievement of Heritage Building Information (H-BIM). H-BIM can already synthesize data from geometric and qualitative survey in modeling processes, storage and exchange of a large amount of information useful for knowledge and conservation of the built heritage. As a demonstration of this possibility of methodological and technological integration, the case study of the Church of Santa Maria delle Vergini in Macerata will be described.

Keywords
H-BIM, Semantic Web, Digital Catalog, documentation, representation

Topics
Archiving/ visualizing / understanding / classifying / accessing / sharing

Santa Maria delle Vergini, Macerata: 3D visualization from the INCEPTION platform of the H-BIM model overlapped with the textured mesh model. The whole curch on the left, the interior of the Cappella dei Bifolchi on the right. (Authors' Elaboration).

doi.org/10.3280/oa-832-c165

Introduction and Scope of Investigation

The meeting point between the worlds of the survey and representation of Architecture and the documentation of Cultural Heritage is often identified in the possibility of enriching the surveyed and modeled three-dimensional geometries through the definition of a semantics (parameters-metadata) related to the information (values-data) present in digital catalogs, effectively creating a 3D model for historical architecture with the function of a multidisciplinary database [Bianchini et al. 2016]. While from a methodological point of view such a solution has long been hypothesized, from a technical point of view the results have too often relied on closed, limited or non-replicable workflows [Empler et al. 2021].
In the present discussion, we would like to provide, as a real demonstration of this possibility of methodological and technological integration, the case study of the Church of Santa Maria delle Vergini in Macerata for which, under a framework agreement between the Department of Architecture of the University of Ferrara and the Central Institute for Catalogue and Documentation, we proceeded to implement a workflow consisting of Scan-2BIM procedures, geometric modeling and enrichment through the automatic extraction of data from the New Digital Catalogue of Cultural [1] Heritage, all made possible thanks to a new application of the core technology developed in the H2020 project INCEPTION (g.a.: 665220) [2].

Methodological framework

The complexity of the digital documentation process and the countless possibilities offered by today's technological integrations [Di Giulio et al. 2017] require a clear and precise methodological definition, in a transdisciplinary project that arises from the contact between the construction-architecture and cultural heritage fields [Maietti et al. 2020]. The meeting and control dimension of interoperability must therefore allow the creation of common language, overcoming the intrinsic limits of using disciplinary software solutions [Ausonio et al. 2018]. The large amount of data to be processed [Bonsma et al. 2018] also requires a precise computational approach able to operate a qualitative and quantitative reflection on the effectiveness and potential serialization of the application workflow [Colucci et al. 2021].
For this reason and by way of explanation, the steps of the adopted process are listed below.
Data acquisition and pre-processing:
- geometric-material through metric-morphological and qualitative survey conducted with laser and photogrammetric technologies SfM Structure-from-Motion;
- information-documentation through the extrapolation of digital information from the web records (New Digital Catalogue) of the objects of interest.
Processing of the digital model by:
- 3D-BIM geometry modeling also with the use of free-form techniques;
- Informational enrichment of these geometries with classification derived from digital catalogs or web archives through a semantic-parametric approach.
Web sharing using the RESTful INCEPTION web platform for:
- upload and use H-BIM models enriched from the documentary and informative point of view with classifications borrowed from shared catalogs;
- exploitation of every single component of the H-BIM model in the Linked Open Data network to automatically query and make inferences to other data sources such as the New Digital Catalogue of Cultural Heritage.

The case study

The case study on which the workflow defined in the previous paragraph was applied is the church of Santa Maria delle Vergini, in Macerata, a majestic building with a Greek cross plan, surmounted by an octagonal dome erected on a drum, supported by four imposing pillars

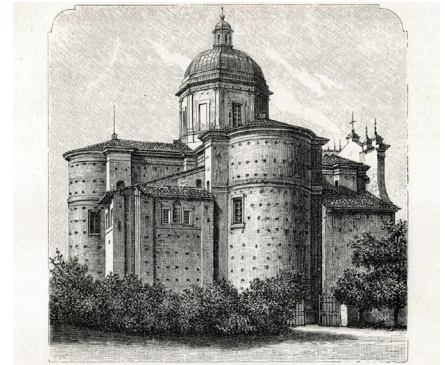
Fig. 01. Aerial photo of the church of Santa Maria delle Vergini in Macerata before the 2016 earthquake damage (on the left - source: Parrocchia Santa Maria delle Vergini - santamariadellevergini.org) and historical representation of the back of it in an 1898 print (on the right - source: Strafforello Gustavo, La patria, geografia dell'Italia, III. Provincie di Ancona, Ascoli Piceno, Macerata, Pesaro e Urbino. Unione Tipografico-Editrice, Torino, 1898).

with a quadrangular base; the arms of the Greek cross end in semicircular apses, each with two cross-vaulted "*scarsella*" chapels [Canullo 2016]. The facade, developed on twohorizontal registers, does not correspond to the interior space, because it was completed later (fig. 01). The interior of the church has 11 chapels decorated between the late sixteenth and late eighteenth centuries.A first plant of the church in use to the Company of the Virgins dates back to 1355, year in which is attested the existence of a chapel dedicated to *Santa Maria de virginibus*. In 1510, the building, which was crumbling, was granted in use to the Augustinians of the nearby church of Santa Maria della Fonte who, in 1547, decided to demolish it in order to use the material in other buildings. A series of miracles occurred around the fresco depicting Our Lady of Mercy (fig. 02), however, convinced the Augustinian friars not to proceed with the dismantling of the chapel but rather to build a grandiose sanctuary to replace the chapel and preserve the fresco. The project of the new structure, which we can still see today, is due to Galasso Alghisi da Carpi, an architect who worked for a long time for the Pio family, summoned to Marche in 1550 as the person responsible for the building site of the basilica of the Holy House of Loreto for five years. The consecration of the new building took place in 1577. Remarkable are the paintings and the frescoes dated at the end of the XVI century, among which stands out an *Adoration of the Magi* dated 1587 and signed Tintoretto, coming from the Venetian workshop of Jacopo Robusti. On March 31, 1605, the fresco of the Madonna of the Virgins was cut from the wall and transported to the large chapel, where it is now, and the old church was demolished. Since then, several interventions have affected the building, such as the covering of the dome and the lantern with lead plates or the construction of the organ, but all of a minor nature. The church has also undergone the action of various seismic events: among the most recent and important we remember those of 1997 and 2016, with particular injuries to the drum supporting the dome, still under restoration.

Fig. 02. Fresco depicting the Madonna of Mercy. Detail image on the left and inserted in its current location on the right (source: Parrocchia Santa Maria delle Vergini - santamariadellevergini.org).

Data acquisition and pre-processing

For the survey [3] of the church the 3D acquisition has been developed by integrating different survey technologies: terrestrial laser scanner (Faro x330HDR), terrestrial and aerial photogrammetry (Dji Mavic Pro + Agisoft Metashape) and topographic survey by total station (Leica TCR1202 + R100). Laser technologies were used in the interiors and in part of the exteriors, the latter covered entirely with photogrammetry. The topographic survey was used for support and correction. Once acquired the data on the field and performed the SfM (Structure-from-Motion) algorithms, the overall recording of the point cloud model has been done through the Autodesk Recap software (fig. 03). For archiving and preservation of the digital data, the created cloud was also exported in the open format of interchange e57. On the other hand, from the information point of view, we proceeded to browse the New Catalogue of Cultural Heritage where it is possible to search by elements, authors, cultural places, sectors, locations, possibly filtering the search by specific parameters [Carriero et al. 2019].

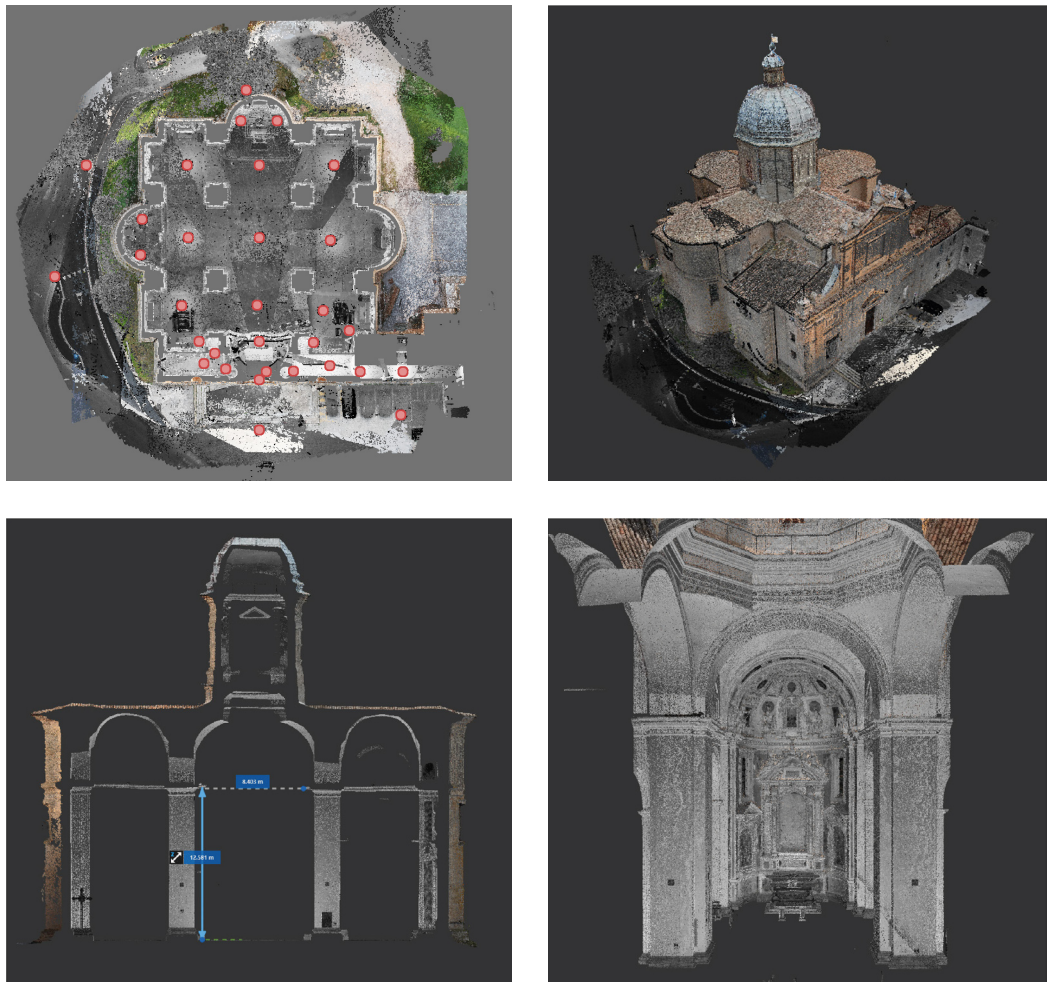



Fig. 03. Overall point cloud model with exterior acquired by drone photogrammetry (top right) and planimetric indication of the positioning of the internal and external laser scanning points on the extrapolation of a horizontal section (top left). Vertical section with dimensional annotation and detail of an interior altar corresponding to the one described in the next figure from the General Catalogue of Cultural Assets. (Authors' Elaboration).

Analyzing, for example, the page/website of one of the elements of the case study, an altar, we find at https://catalogo.beniculturali.it/detail/HistoricOrArtisticProperty/1100146111A-1 the element described as: "altar, element of whole - workshop marchigiana (sec. XVI)" (fig. 04). Although its description is univocal and its location inside the church is clear from the point of view of the principles of cataloguing, from the geometric-spatial point of view it is not easy to reconstruct its real location inside the Church of Santa Maria delle Vergini.

In this phase it is decided to extrapolate all the data of the RDF (Resource Description Framework) card (https://dati.beniculturali.it/lodview-arco/resource/HistoricOrArtisticProperty/1100146111A-1.html) which will be subsequently queryable through SPARQL endpoint by inserting the URI of reference of the element. In this case the URI of the element "*altare, elemento d'insieme - bottega marchigiana* (sec.XVI)", that will be then used for the informative enrichment of the BIM model is https://w3id.org/arco/resource/HistoricOrArtisticProperty/1100146111A-1, where the code 1100146111A-1 represents the univocal identification according to the standardization of the catalog.

Fig. 04. Image taken from the web page of the General Catalogue of Cultural Assets dedicated to one of the altars of the Church of Santa Maria delle Vergini.

Digital model processing

In the field of informative digital modeling [Colucci et al. 2021], we opted for the creation of Autodesk Revit model that could operate as the main reference and federator of information about the architectural asset. Since the purpose of the modeling is different from the logic of intervention on buildings and therefore difficult to relate to the LOD (Levels of Model Development) provided by the UNI 1137:2017 (or similar international standards), it was decided to operate a modeling that from the geometric point of view (LOG - Level of geometric detail) would allow the extrapolation of plano-altimetric drawings at the scale of representation 1:50 and, from the information point of view (LOI - Level of Information), was adequate to accommodate the information of material nature and state of preservation, as well as of historical-documentary data from the ICCD Catalogue.
Following the import of the point cloud into Revit, we then proceeded to the definition of the reference height levels, particularly useful for parametric modeling, as well as a planimetric alignment grid. As far as possible, we then proceeded to model using system families or local families within Revit but considering the possibility of using free-form modeling elements with external tools when necessary. For example, we used this solution, by means of McNeel Rhinocers, for the four cross vaults with raised mounts in correspondence of the chapels and those between the apsidal arches and the arches under the dome, in order to recreate the geometric construction procedure on the real planimetric profiles and to evaluate the average deviation from the element detected in the cloud of points (fig. 05).

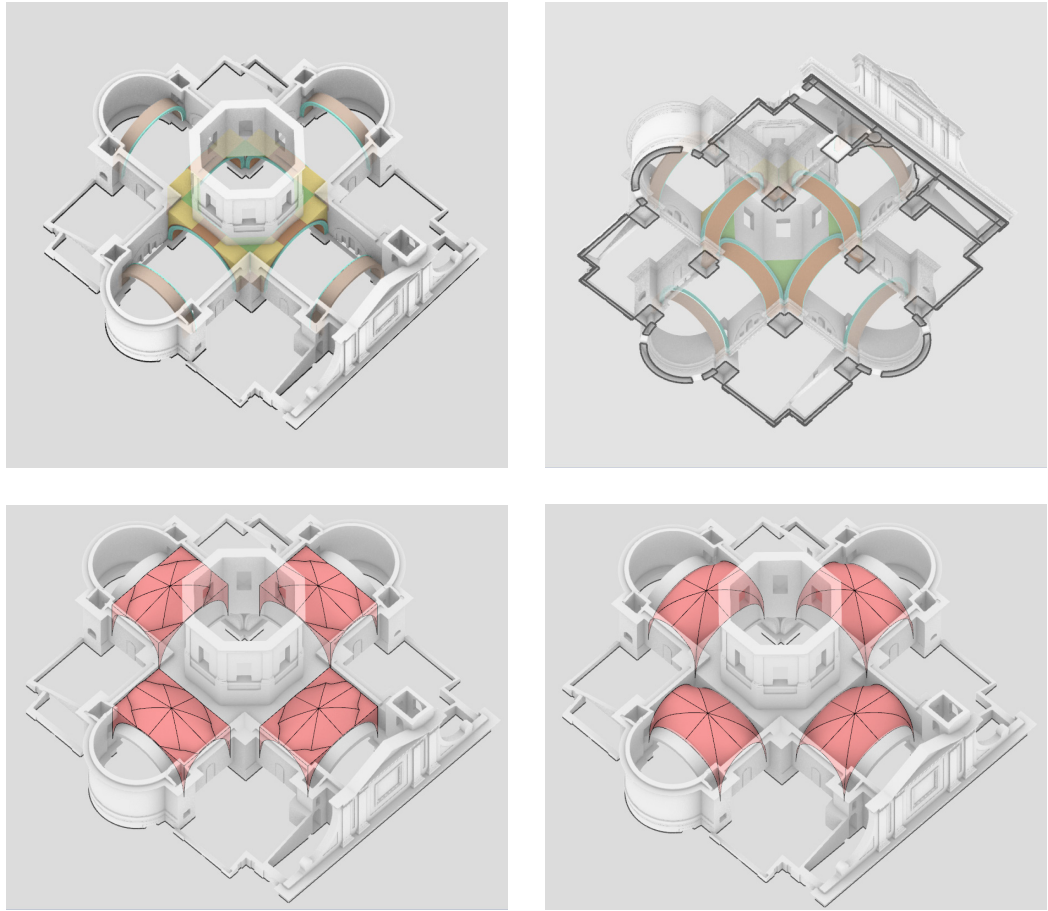



Fig. 05. Analysis and modeling of the systems of arches (above) and vaults (below) of Santa Maria delle Vergini. Free-form modeling systems were used for part of the modeling. (Authors' Elaboration).

They have also been modeled separately and integrated into the architectural BIM model as a federating element, since the art elements of altars and paintings (fig. 06), objects of specific interest for the cultural heritage field, were some of these works studied and described in the Digital Catalog. To complete these, having available the high-resolution frontal photographs of the chapels and some images related to the paintings, we applied the procedure of image projection to obtain textures. Through the definition of target points, these images have been projected on the models for a more faithful description of the asset. Following the results of the data extraction from the Digital Catalog, as described in the previous paragraph, we included for each element that can be linked to a descriptive online

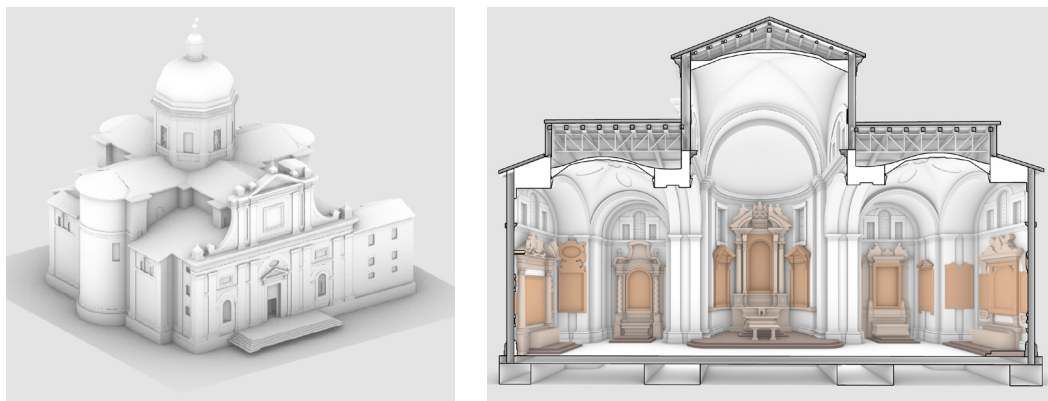



Fig. 06. 3D visualization of the overall BIM model of the Church (on the left) with extrapolation of perspective section to highlight the insertion of the single internal altars (on the right). (Authors' Elaboration).

resource, the identification code as per ICCD coding. In fact, it will be left to the platform to retrieve this data in order to carry out a SPARQL query and operate an explicit information enrichment. This procedure makes the enrichment process as streamlined as it is effective. Thus, the model created was exported in open IFC format, version 2x3, in order to be uploaded on the INCEPTION platform. In function of theup loading as online resource we have also proceeded to operate a preliminary geometric decimation to the IFC export, as well as optimizations and compressions of the standard file to make it as light as possible.

Sharing and fruition via web

The data processed were uploaded to the INCEPTION platform: here it was possible to visualize and aggregate heterogeneous sources of data, summarizing the document process. In fact, on the platform you can navigate the model in three dimensions and view it in three modes: IFC, texture and hybrid. The IFC mode allows you to select geometric elements, filter them by levels or classifications and query their metadata, while the texture mode does not present selectable elements but offers a visualization capable of offering an intuitive material understanding. The hybrid mode superimposes the previous ones by means of an editable transparency layer and allows you to select IFC geometric elements enriched this time by their real appearance. It is also possible, for each element, to access its metadata: it is possible to read the unique Global-ID, the name, the IFCType, notes and comments. Through a graphical schema it is also possible to navigate between categories, parameters and values attributed during the modeling phase. The values, which may contain links to internal references (other models in the platform) or external (in the web), are further extended in the platform by exploiting the identification code of the Digital Catalog (fig. 08). In fact, based on the identification code previously identified and annotated on the element during modeling, a function of the INCEPTION platform was developed that automatically operates a query of the RDF data available online through an SPRQL Query on the Virtuoso EndPoint located at http://dati.beniculturali.it/sparql. The data retrieved from a SPARQL endpoint conforms to the Linked Data approach for publishing data in the Semantic Web context.

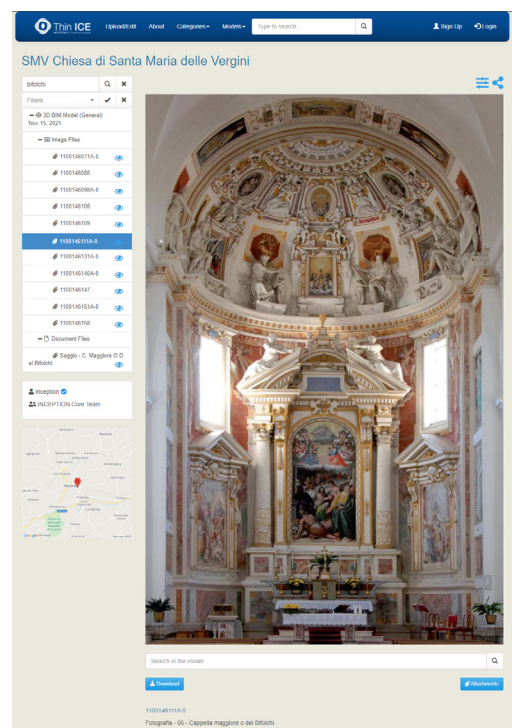
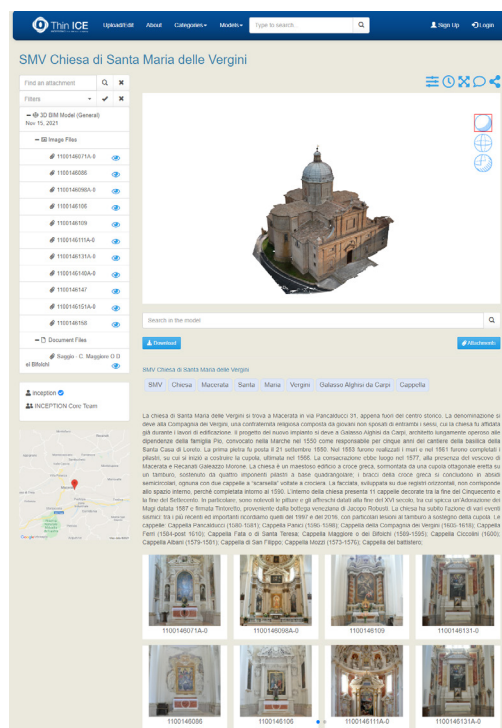



Fig. 07. 3D textured visualization of the overall H-BIM model uploaded to the INCEPTION platform (left) and visualization of the high resolution photo of one of the chapels (right) inserted into the platform as an attached element and linked to the specific object of the BIM model.

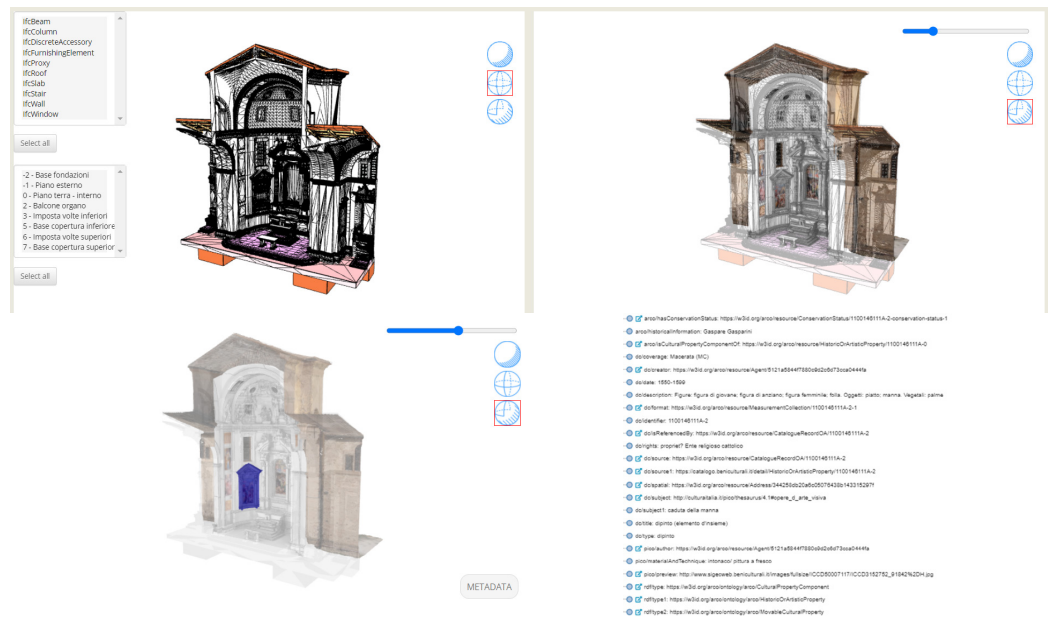



Fig. 08. 3D visualization of the H-BIM model loaded on the INCEPTION platform in IFC (top left) and hybrid (top right) visualization modes. Through the selection by elements it is also possible to access the detailed information of each object, automatically enriched with data from the General Catalogue of Cultural Heritage.

RDF-formatted data is normally represented as a list of semantic triples but, through a specially developed function, these triples are displayed in the graph as if they were data directly entered during modeling. This approach allows the end user to read them seamlessly and, in the same way, to read data that is always up-to-date and aligned with the catalog.
This approach, in addition to having been developed for the entire federated H-BIM model, has also been extended to detail models, creating a true multiscalar model. For some of the 11 chapels, in fact, the 3D attachments referring to minor cultural assets (paintings, decorations and sculptures) have also been loaded, creating a complete navigation path able to give a spatial location to the cards of the Digital Catalog (fig. 07).

Conclusion

Very often we associate the concept of digital preservation only with data acquisition, or that of use only with web presence. But we forget that problems such as the obsolescence of websites and digital technologies, or the exponential growth of content and the consequent difficulty of tracing a given resource, highlight the importance of a systemic and protocol-based archive of information on the web. For these reasons, computer databases, capable of archiving and safeguarding so-called "big data", are particularly important. In this paper, the system of the New Digital Catalogue of Cultural Heritage has been explored in depth, however, in the field of architecture, given its multidisciplinary implications, there could be other archival sources, such as Funds or Bodies of various nature [Lopez et al. 2018]. Based on this consideration, the H-BIM model shared on a web platform as an accessible resource according to Semantic Web standards takes on even greater value. At the practical level, the digital twin, already widely theorized [Lo Turco et al. 2016; Jouan, Hallot 2019], seems to get closer and closer to a container of data and metadata coming from different catalogs and web archives but referring to the same architectural asset transforming the traditional web navigation into a three-dimensional experience. Further research and the spread of case studies such as the one presented here may, in the short to medium term, contribute to the development of a shared protocol for the survey, modeling and sharing of existing heritage.

Notes

[1] https://catalogo.beniculturali.it - (accessed February 28, 2022).

[2] https://www.inception-project.eu/en - (accessed February 28, 2022).

[3] The field survey operations were carried out by the technical office MT of Massaccesi Luca.

References

Ausonio, E., et al. (2018). Potenzialità dei software Free e/o Open Source per la modellazione, gestione e fruizione di entità 3D. In *Geomatics Workbooks* n 14 – FOSS4G-it 2018 Roma. <https://www.researchgate.net/publication/333312009_Potenzialita_dei_software_Free_eo_Open_Source_per_la_modellazione_gestione_e_fruizione_di_entita_3D > (consultato il 4 marzo 2022).

Bianchini, C., Inglese, C., Ippolito, A. (2016). The role of BIM (Building Information Modeling) for representation and managing of built and historic artifacts. *Disegnarecon*, 9(16), 10–11.

Bonsma, P., et al. (2018). Handling huge and complex 3D geometries with Semantic Web technology. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* Vol. 364, No. 1, p. 012041.

Canullo, G. (2016). I Bifolchi e l'eucarestia. La cappella maggiore della chiesa di Santa Maria delle Vergini a Macerata. In *Journal of the section of cultural heritage*. Department of education, cultural heritage, and tourism. University of Macerata.

Carriero, V. A., et al. (2019). ArCo: The Italian cultural heritage knowledge graph. In *International Semantic Web Conference,* pp. 36-52. Springer:Cham.

Colucci, E., et al. (2021). Ontology-Based Semantic Conceptualisation of Historical Built Heritage to Generate Parametric Structured Models from Point Clouds. In *AppliedSciences,* 11(6), 2813. < https://www.mdpi.com/2076-3417/11/6/2813 > (consultato il 3 marzo 2022).

Di Giulio, R., et al. (2017). Integrated data capturing requirements for 3D semantic modelling of Cultural Heritage: the INCEPTION protocol. In I*nt. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.,* XLII-2/W3, 251–257.

Empler, T., Caldarone, A., Rossi, M.L. (2021). BIM Survey. Critical Reflections on the Built Heritage's Survey. In *From Building Information Modelling to Mixed Reality,* edited by Cecilia Bolognesi, Daniele Villa, 109-122. Cham: Springer.

Jouan, P.A., Hallot, P. (2019). Digital twin: a HBIM-based methodology to support preventive conservation of historic assets through heritage significance awareness. In *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* 42(2019), 609-615.

López, F.J., et al. (2018) Linking HBIM graphical and semantic information through the Getty AAT: Practical application to the Castle of Torrelobatón. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering;* Bristol:IOP Publishing.

Lo Turco, M., et al. (2016). BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale. BIM and architectural heritage: towards an operational methodology for the knowledge and the management of Cultural Heritage. In *DISEGNARECON* 9, 161-169

Maietti, F., et al. (2020). *Documentation, Processing, and Representation of Architectural Heritage Through 3D Semantic Modelling: The INCEPTION Project*. In Bolognesi, C., Santagati, C. (a cura di), *Impact of Industry 4.0 on Architecture and Cultural Heritage,* pp. 202-238. Hershey, PA: IGI Global.

Authors
Marco Medici, Università degli Studi di Ferrara, marco.medici@unife.it
Federico Ferrari, Università degli Studi di Ferrara, federico.ferrari@unifi.it
Andrea Sterpin, Università degli Studi di Ferrara, andrea.sterpin@unife.it

To cite this chapter: Medici Marco, Ferrari Federico, Sterpin Andrea (2022). H-BIM semantico come strumento di documentazione inclusiva e accesso al Nuovo Catalogo Digitale dei Beni Culturali: il caso studio di Santa Maria delle Vergini a Macerata/Semantic H-BIM as a tool for inclusive documentation and access to the New Digital Catalogue of Cultural Heritage: the case study of Santa Maria delle Vergini in Macerata. In Battini C., Bistagnino E. (a cura di). *Dialoghi. Visioni e visualità. Testimoniare Comunicare Sperimentare. Atti del 43° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Dialogues. Visions and visuality. Witnessing Communicating Experimenting. Proceedings of the 43rd International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 2661-2679.

Isbn 9788835141938